

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-251937

(43)公開日 平成6年(1994)9月9日

(51)Int.Cl.⁵
H 0 1 F 7/22

識別記号
Z A A G
C
F
K

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-38750

(22)出願日 平成5年(1993)2月26日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 大森 順次

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

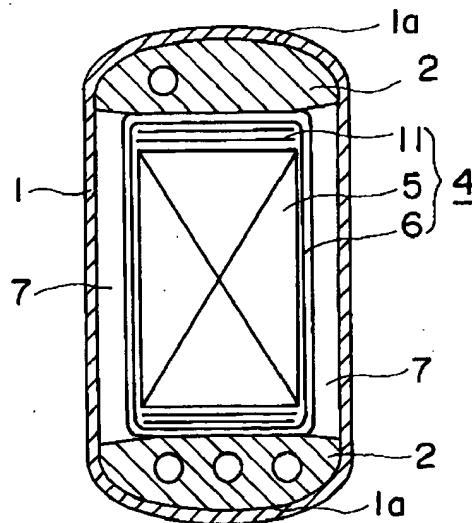
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 超電導磁石装置

(57)【要約】

【目的】 本発明の目的は、超電導コイルの内部発熱に対する冷却性を良好にし、かつ、超電導コイルと固定部材間の摩擦発熱に対する断熱性を高めることにより、超電導コイルの温度上昇を抑え、超電導状態の安定性を向上することにある。

【構成】 内部に冷却剤(7)が封入された冷却容器(1)と、この冷却容器(1)内部に収納され、その外周面が絶縁部材(6)で被覆された超電導コイル(4)と、冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材(2)とを備え、固定部材と対面する側の絶縁部材の断熱性を、冷却剤に対面する側の絶縁部材の断熱性より高く形成した超電導磁石装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材とを備え、前記固定部材と対面する側の絶縁部材の断熱性を、前記冷却剤に対面する側の絶縁部材の断熱性より高く形成したことを特徴とする超電導磁石装置。

【請求項2】 内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材とを備え、前記固定部材に対面する絶縁部材の厚さを前記冷却剤に対面する絶縁部材の厚さよりも厚くしたことを特徴とする超電導磁石装置。

【請求項3】 内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が肉厚の均一な絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材と、前記固定部材に対面する側の絶縁部材と該固定部材の間に配設され、断熱性を高めるための絶縁部材とを具備したことを特徴とする超電導磁石装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、超電導コイルの振動を抑制しながら冷却する超電導磁石装置に係わり、特に超電導コイルをその振動による摩擦熱から保護することにより、超電導状態の安定性を向上し得る超電導磁石装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、例えば磁気浮上式鉄道システムでは、環状の冷却容器内に超電導コイルが収納されている超電導磁石装置が用いられている。図4及び図5はこの種の超電導磁石装置の構成を示す模式図及びそのA-A線矢示断面図である。

【0003】この超電導磁石装置は、内部が中空で、かつ、全体が環状に形成された冷却容器1を備えている。この冷却容器1は、その上下の内壁1aにそれぞれ周方向に沿って断続的に複数の固定金具2が配設されている。また、冷却容器1の外壁のうち、環状の内側で互いに対面する外壁間に介在するように複数の支柱3が設けられ、各支柱3により、冷却容器1の機械的強度が高められている。

【0004】一方、この冷却容器1に収納される超電導コイル4は、コイル巻線5が絶縁シートとしてのエポキシ層6に均一に巻装され、このエポキシ層6が各固定金具2に圧接されることにより、冷却容器1内に保持され

ている。

【0005】この状態で、冷却容器1に冷却剤としての液体ヘリウム7を供給することにより、超電導コイル4が冷却されて超電導状態となり、超電導磁石装置が動作可能となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のような超電導磁石装置は、超電導コイル4を各固定金具2で圧接して固定しているので、超電導コイル4の振動により超電導コイル4と固定金具2との境界面に摩擦熱が発生し、この摩擦熱により超電導コイル4がクエンチするという問題がある。また一方、この種のクエンチは、外部からの変動磁界によって超電導コイル4を流れる渦電流による内部発熱を起因とするものがある。

【0007】従って、コイル周囲のエポキシ層6を厚くして当該摩擦熱の超電導コイル4への伝達を抑制すると、超電導コイル4の内部発熱の冷却性が低下して超電導コイル4がクエンチする可能性がある。一方、エポキシ層6を薄くして超電導コイル4の冷却性を向上させると、当該摩擦熱が伝達されて超電導コイル4がクエンチする可能性がある。

【0008】従来、超電導コイル4はその周囲に絶縁シートを巻回し、しかる後、樹脂を含浸して製作しているため、エポキシ層6の厚さが一定となる。従って、相反する前述した傾向を同時に満たせないで、超電導コイル4に対する外部からの摩擦熱の断熱又は超電導コイル4の内部発熱の冷却のいずれかを重視して設計されている。

【0009】本発明は上記実情を考慮してなされたもので、超電導コイルの内部発熱に対する冷却性を良好にし、かつ、超電導コイルと固定部材間の摩擦熱に対する断熱性を高めることにより、超電導コイルの温度上昇を抑え、超電導状態の安定性を向上し得る超電導磁石装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に対応する発明は、内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材とを備え、前記固定部材と対面する側の絶縁部材の断熱性を、前記冷却剤に対面する側の絶縁部材の断熱性より高く形成した超電導磁石装置である。

【0011】請求項2に対応する発明は、内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材とを備え、前記固定部材に対面する絶縁部材

の厚さを前記冷却剤に直面する絶縁部材の厚さよりも厚くした超電導磁石装置である。

【0012】請求項3に対応する発明は、内部に冷却剤が封入された冷却容器と、この冷却容器内部に収納され、その外周面が肉厚の均一な絶縁部材で被覆された超電導コイルと、前記冷却容器内壁面の所望の位置に固定され、前記超電導コイルの外周面を圧接して超電導コイルを固定する固定部材と、前記固定部材に直面する側の絶縁部材と該固定部材の間に配設され、断熱性を高めるための絶縁部材とを具備した超電導磁石装置である。

【0013】

【作用】従って、請求項1に対応する発明は以上のような手段を講じたことにより、超電導コイルの周囲に被覆される絶縁部材のうち、固定部材に直面する絶縁部材の断熱性を冷却剤に直面する絶縁部材の断熱性よりも高くしているので、超電導コイルの内部発熱に対する冷却性を良好にし、かつ、超電導コイルと固定部材間の摩擦発熱に対する断熱性を高めることにより、超電導コイルの温度上昇を抑え、超電導状態の安定性を向上させることができる。

【0014】請求項2に対応する発明は、上記絶縁部材のうち、固定部材に直面する絶縁部材の厚さを前記冷却剤に直面する絶縁部材の厚さよりも厚くしているので、請求項1に対応する発明の効果に加え、固定部材に直面する絶縁部材の機械的強度を向上させることにより、装置本体の耐用年数を高めることができる。

【0015】請求項3に対応する発明は、超電導コイルの周囲に被覆される絶縁部材のうち、固定部材に直面する側の絶縁部材と該固定部材の間に配設され、断熱性を高めるための絶縁部材とを具備したことにより、請求項1に対応する発明の効果に加え、既存の超電導磁石であっても適用でき、かつ、装置本体を容易に製造することができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて*

$$U = (0.03 / (5 \times 10^{-4}) + 1 / 0.3)^{-1}$$

$$= 0.016 \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{K)}$$

... (1)

【0021】この(1)式に表されるように、熱通過率Uはエポキシ層6の厚さによって支配的に変化される。すなわち、液体ヘリウム7に直面するエポキシ層6の厚さを半分にすると、液体ヘリウム7による冷却効果は2倍となる。よって、外部磁界変動による渦電流発熱のような超電導コイル4の内部発熱に対しては薄いエポキシ層6によってコイル巻線5の冷却効果を高めている。

【0022】一方、超電導磁石装置内の超電導コイル4は、磁気力の発生又は外部磁界変動に伴って振動する。ここで、超電導コイル4が振動すると、その周囲のエポキシ層6、11が固定金具2に擦れ、エポキシ層6と固定金具2との境界面に摩擦熱が発生する。しかし、この摩擦熱は、その伝達が超電導コイル周囲の厚いエポキシ

*説明する。

【0017】図1及び図2は本発明の第1の実施例に係る超電導磁石装置の構成を示す模式図及びそのB-B線矢示断面図であり、図1及び図2と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0018】すなわち、本発明装置は、超電導コイルの周囲に被覆される絶縁部材のうち、固定部材としての固定金具2に直面する絶縁部材の断熱性を冷却剤としての液体ヘリウム7に直面する絶縁部材の断熱性よりも高くすることにより、超電導コイル4に対する摩擦熱の断熱性と内部発熱の冷却性とを同時に高めた装置である。具体的には、超電導コイル4は、その周囲に被覆された絶縁部材としてのエポキシ層6に対し、固定金具2に直面する部分のエポキシ層6とコイル巻線5との間に絶縁部材としての絶縁シートが挿入されてエポキシ層11を形成することにより、固定金具2に直面するエポキシ層6が厚くされ、しかる後、樹脂が含浸された構成となっている。

【0019】ここで、エポキシ層6、11はコイル巻線5の周囲に0.03~0.1cm程度の厚さで被覆されており、その熱伝導率は $5 \times 10^{-4} \text{ W/cm} \cdot \text{K}$ であり低いので、熱を通しにくい性質を有する。また、液体ヘリウム7は沸騰の熱伝達率が $0.3 \text{ W/cm}^2 \cdot \text{K}$ である。次に、以上のように構成された超電導コイルを収納する超電導磁石装置の動作を説明する。

【0020】超電導状態において、超電導磁石装置は磁気力を発生している。このとき、超電導磁石装置は対向する外部のコイル等(図示せず)から高調波の変動磁界を受けたとする。この変動磁界により、超電導磁石装置内の超電導コイル4に渦電流が発生し、この渦電流により、超電導コイル4のコイル巻線5に内部発熱を生じる。ここで、コイル巻線4から0.03cmのエポキシ層6を通して液体ヘリウム7へ逃げる内部発熱の熱透過率Uは次の(1)式で表される。

*層6、11に阻まれるので、超電導コイル4のコイル巻線5には伝達されない。よって、超電導コイル4と固定金具2間の摩擦発熱に起因するクエンチが防止される。

【0023】上述したように、第1の実施例によれば、固定金具2に直面するエポキシ層6とコイル巻線5との間に新たなエポキシ層11を形成することにより、超電導コイル4の周囲に被覆されるエポキシ層6のうち、固定金具2に直面するエポキシ層6、11の厚さを液体ヘリウム7に直面するエポキシ層6の厚さよりも厚くしている。従って、超電導コイル4の内部発熱に対する冷却性を良好にし、かつ、超電導コイル4と固定金具2間の摩擦発熱に対する断熱性を高めることにより、超電導コイル4の温度上昇を抑え、超電導状態の安定性を向上さ

5

せることができる。また、厚いエポキシ層6、11は、機械的強度を向上させるので、装置本体の耐用年数を高めることができる。さらに、厚いエポキシ層6、11は、特にパルスのな発熱に対する超電導コイル4の温度上昇を低く抑えることができる。次に、本発明の第2の実施例に係る超電導磁石装置について説明する。

【0024】図3はこの超電導磁石装置の構成を示すB-B線矢示断面図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0025】すなわち、この超電導磁石装置の超電導コイル4は、その周囲を被覆するエポキシ層6が、超電導コイル4の周囲をほぼ均一の肉厚で被覆する被覆部12と、この被覆部に固定部材2に対面する側に新たに設けられた絶縁部材である付加絶縁部13とから成るように構成されている。

【0026】ここで、付加絶縁部13は、例えば、コイル周囲が薄い被覆部12で構成された後、固定金具2に対面する超電導コイル4の側面に貼設されるので、第1の実施例と比べ、容易に同等の効果を達成することができる。

【0027】上述したように、第2の実施例によれば、エポキシ層6が、超電導コイル4を被覆する被覆部12と、この被覆部12に固定部材2に対面するように新たに設けられた付加絶縁部13とを備えてなることにより、第1の実施例の効果に加え、既存の超電導磁石であっても適用でき、かつ、装置本体を容易に製造することができる。

【0028】なお、上記第1の実施例では、コイル周囲の絶縁部材を全て同一の材料であるエポキシ層から構成し、固定金具2に対面する側のエポキシ層の厚さを厚くすることにより、固定金具2に対面する側の絶縁部材の断熱性を高めた場合について説明したが、これに限らず、固定金具2に対面する側の絶縁部材に断熱性の高い他の材料を用いることにより、固定金具2に対面する側の絶縁部材

6

の断熱性を高めた構成としても、本発明を同様に実施して同様の効果を得ることができる。

【0029】また、上記第2の実施例では、コイルの周囲を肉厚の均一な被覆部12で被覆した後に固定金具2に対面する側に付加絶縁部13を設けた場合について説明したが、これに限らず、コイルの周囲を肉厚の均一なエポキシ層で被覆した後に液体ヘリウム7に対面する側のエポキシ層を削除することにより、固定部材2に対面する絶縁部材の厚さを冷却剤2に対面する絶縁部材の厚さよりも厚くした構成としても、本発明を同様に実施して同様の効果を得ることができる。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、超電導コイルの周囲に被覆される絶縁部材のうち、固定部材2に対面する絶縁部材の断熱性を冷却剤2に対面する絶縁部材の断熱性よりも高くしているため、超電導コイルの内部発熱に対する冷却性を良好にし、かつ、超電導コイルと固定部材2間の摩擦発熱に対する断熱性を高めることにより、超電導コイルの温度上昇を抑え、超電導状態の安定性を向上できる超電導磁石装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る超電導磁石装置の構成を示す模式図。

【図2】同実施例におけるB-B線矢示断面図。

【図3】本発明の第2の実施例に係る超電導磁石装置の構成を示すB-B線矢示断面図。

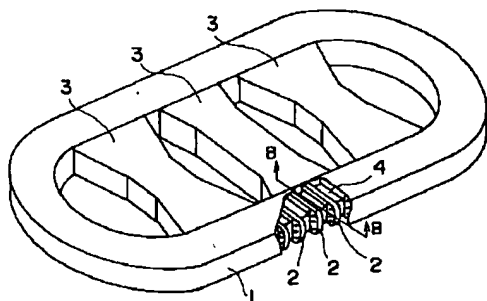
【図4】従来の超電導磁石装置の構成を示す模式図。

【図5】従来の超電導磁石装置の構成を示すB-B線矢示断面図。

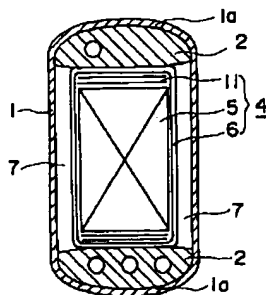
【符号の説明】

1…冷却容器、1a…内壁、2…固定金具、3…支柱、4…超電導コイル、5…コイル巻線、6、11…エポキシ層、7…液体ヘリウム、12…被覆部、13…付加絶縁部。

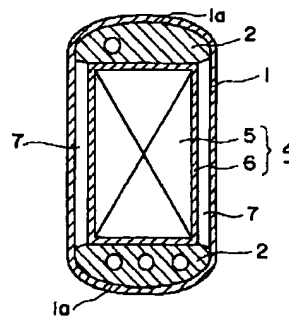
【図1】



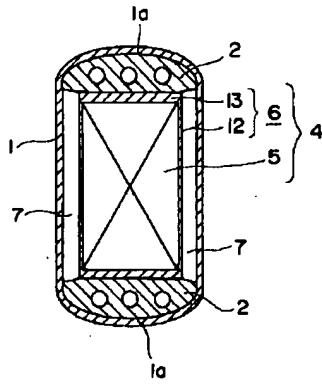
【図2】



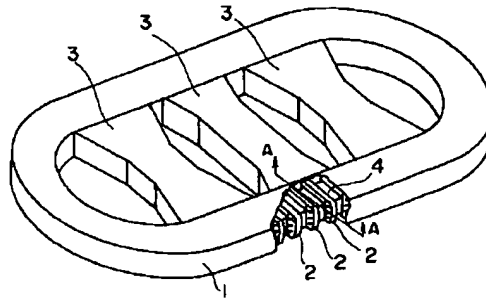
【図5】



【図3】



【図4】



PUBN-DATE: September 9, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OMORI, JUNJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOSHIBA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05038750

APPL-DATE: February 26, 1993

INT-CL (IPC): H01F007/22

US-CL-CURRENT: 335/216

ABSTRACT:

PURPOSE: To suppress a temperature rise of a superconducting coil and to improve the stability of a superconducting magnet device in a superconductive state by a method wherein the cooling efficiency of the device to the internal heat generation of the coil is improved and the heat insulating properties of the device to the frictional heat generation between the coil and fixed members are enhanced.

CONSTITUTION: A superconducting magnet device is provided with a cooling container 1 with a cooling agent 7 contained in its interior, a superconducting coil 4, which is housed in the interior of this container 1 and has its outer peripheral surface covered with an insulating member 6, and fixed members 2, which are fixed at desired positions on the inner wall surface of the container 1 and fix the coil 1 in such a way as to come into contact with the outer peripheral surface of the coil 1 by pressure, and the heat insulating

properties of the member 6 on sides, which faces the members 2, of
the member 6
are formed higher than those of the member 6 on a side, which faces
the cooling
agent, of the member 6.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio